专题：黄河流域生态保护和高质量发展
Ecological Protection and High-quality Development of the Yellow River Basin

资源禀赋视角下环境规制对黄河流域资源型城市产业转型的影响

卢 硕[1,2] 张文忠[1*] 李佳洺[1]

1 中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101
2 河南大学 黄河文明与可持续发展研究中心 开封 475001

摘要 黄河流域半数以上城市是资源型城市，该类型城市生态和产业协调发展对推动黄河流域高质量发展意义重大。文章以环境治理数据和工业企业数据为样本，采用面板门限模型、熵值法等方法，基于资源禀赋分异对黄河流域资源型城市进行类型划分，解析资源禀赋、环境规制和产业路径创造交互作用关系，归纳高、中、低等级资源禀赋下环境规制对产业路径创造的影响机制，进而针对不同等级资源禀赋条件下资源型城市提出高质量发展建议。结果表明：2003—2016 年，黄河流域城市环境规制水平增长显著，且地区差距不断缩小，总体呈现上、中、下游逐级递增态势；2003—2013 年，黄河流域资源型城市产业路径创造水平提升明显，但地区差异显著；不同资源禀赋条件下，环境规制对资源类和非资源类产业路径创造的影响机制具有显著差异。为此，环境政策的制定和选择要考虑当地资源禀赋条件和经济发展对资源行业的依赖程度，科学设计精细化的环境政策，充分发挥环境规制对生态保护和产业转型的调节作用。

关键词 环境规制，资源禀赋，路径创造，高质量发展

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20200107004

“黄河流域是我国重要的生态屏障和重要的经济地带，是打赢脱贫攻坚战的重要区域，在我国经济社会发展和生态安全方面具有十分重要的地位”[1]，2019 年 9 月习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上如是强调。黄河流域不仅是我国重要的生态屏障区和经济带，也是我国重要的能源开发工业带，拥有支撑我国现代工业发展所需的煤炭、石油、天然气、金属矿产等关键资源，其煤炭资源产量约占全国总产量的 70%。新中国成立以来，黄河流域资源型城市为国民经济实现长期平稳较快发展起到了重要支撑作用。目前，黄河流域有超过 50% 的城市为资源型城市和老工业城市，该类型城市主要以矿产资源开采和加工

*通讯作者
资助项目：国家自然科学基金青年项目（41701128）
修改稿收到日期：2020年1月10日

为主导产业，产业结构单一化和刚性化[2]，资源综合利用率低下[3]；同时，此类城市“高污染、高耗能、高排放”的工业发展模式[4,5]严重影响了黄河流域的生态安全和可持续发展。在国家生态文明和美丽中国建设总目标下，黄河流域资源型城市高质量发展已成为地方政府和学术界高度关注的焦点。为此，研究黄河流域资源型城市环境规制对产业转型的交互影响具有重要意义，有利于构建黄河流域生态保护和高质量发展新模式。

环境规制是指一个国家或地区政府以保护环境为目标，禁止或限制被管制者特定经济行为的政策法规[6]。环境规制主要作用对象是企业个体或组织，通过影响企业生产行为倒逼产业结构调整，进而影响城市经济增长和环境保护的协调可持续发展[7]。针对资源型城市的特殊属性，环境规制相关研究在不断增加，环境规制对资源型城市产业结构影响的研究主要集中在2个方面：① “创新补偿”视角下，环境规制对资源型城市产业结构产生影响。环境规制对于资源型城市产业结构的主要影响在于能够逼迫企业创新生产方式，进而激发企业“创新补偿”效应[8]；Mohr[9]认为环境规制会促使资源型城市更加注重科技创新投入，提高生产效率；王锋正和郭晓川[10]以12个资源型产业为研究对象，发现环境规制对资源采掘业的工艺创新有显著的促进作用。② 劳动供给视角下环境规制对资源型城市产生影响。Walker[11]通过对资源型城市跟踪调查，发现环境规制对资源型城市就业率存在持久的反向作用；Liu 等[12]研究发现严格的工业废水排放规制导致所研究的资源型城市工业部门就业人员减少了7%。由此可知，现有研究主要关注环境规制对资源型城市的影响机制，较少讨论资源型城市的资源禀赋，但是资源型城市资源条件的差异会对环境规制政策的实施效果和产业转型发展产生影响[13,14]。为此，在资源禀赋视角下探究环境规制对黄河流域资源型城市产业结构转型具有重要研究意义。

基于此，本文以2003—2016年黄河流域61个城市环境治理的面板数据作为研究样本，建立环境规制综合评价指标体系，采用熵值法定量测度环境规制指数值；在此基础上，运用面板门限模型来解析黄河流域资源型城市资源禀赋、环境规制和产业转型的相互关系，科学归纳高、中、低等级资源禀赋下环境规制对产业结构的影响机制，进而针对不同等级资源禀赋条件下资源型城市提出高质量发展建议，以期为黄河流域资源型城市高质量发展提供理论支撑和决策参考。

1 研究方法与数据

1.1 研究范围与数据来源

研究范围的划定遵循“以自然黄河流域为基础、尽可能保持地区级行政区划单元的完整性和考虑地区经济发展与黄河的直接关联性”[15]三原则；根据数据可获取性，将黄河流经的涉及青海、甘肃、宁夏、内蒙古（不含东四盟）、陕西、四川、山西、河南和山东9个省份中74个城市（指地级市/州/盟，下同）划入黄河流域。其中，根据数据可获取性，本研究中黄河流域城市共包含61个城市；再以《全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）》为依据[16]，从61个城市中筛选出36个城市为黄河流域资源型城市（图1）。

本文对黄河流域资源型城市资源禀赋、环境规制、资源类（非资源类）产业路径创造进行测度，基础数据为2003—2013年“采掘业”“制造业”和“电力、热力、燃气及水生产和供应业”3个产业大类包含的41个二位数行业的从业人员数①。采掘业从业人员数、环境治理数据收集整理自2004—2017年《中国城市统计年鉴》以及各省市统计年鉴。

1.2 指标界定

（1）环境规制（ER）。在当前研究中，环境

① 数据来源于中国工业企业数据库（http://dbnav.lib.pku.edu.cn/node/12037）；其中，“二位数产业”指在我国国民经济行业分类中位于大类的产业。

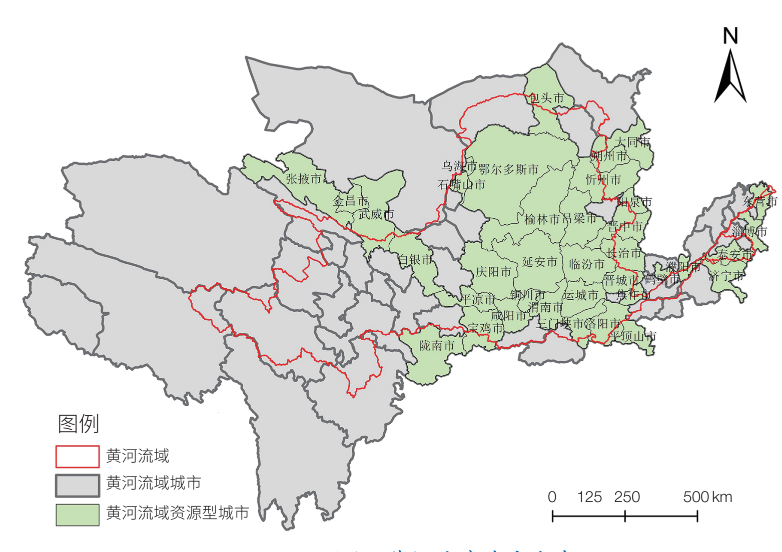


图 1 黄河流域城市分布

规制的测度方法主要分为以下 3 类：① 单指标替代法，采用单个指标来代替表征环境规制强度。例如，Aiken[17]采用环境规制法规政策来表征环境规制水平。② 综合指数法，基于地区污染排放及治理的各项指标来反映环境规制强度。李虹和邹庆[18]选取 SO_2 去除率、工业烟尘去除率等 5 个指标构建环境规制指标体系，通过计算综合指数测度地区环境规制强度。③ 赋值评分法，按照一定标准对环境规制强度进行赋值。例如，van Beers 和 van den Bergh[19]通过构建环境规制强度评分体系，评分区间为 0—24 分，对研究区域的环境规制强度进行量化测度。综上，由于单一指标法无法全面客观衡量地区环境规制强度，而赋值评分法具有一定的主观性，本文采用综合指数法来量化地区环境规制强度，建立环境规制指标体系，具体为工业烟（粉）尘去除率、一般工业固体废物综合利用率、污水处理厂集中处理率、生活垃圾无害化处理率、工业 SO_2 去除率 5 个指标，运用熵值法[20]计算环境规制强度指数，指数数值越高，表明地区政府对环境的管控力度越大，反之则越小。

（2）路径创造（$RV(UV)$）。本文参考 Frenken 等[21]、苗长虹等[22]的计算方法，采用熵指标法对资源类产业和非资源类产业的多样性水平进行测度，以此分别表征资源型城市资源类产业和非资源类产业路径创造水平。$RV(UV)$的数值越大，意味着该行业路径创造水平越高。

（3）资源禀赋（RE）。采掘业的发展与自然资源关联最为紧密，能够较为准确地表征地区经济对自然资源的依赖程度[18]。基于此，本文采用采掘业从业人员占全部从业人员的比重来表征资源型城市的资源禀赋。

1.3 门槛面板模型

本文选取资源禀赋作为门槛变量考察其在环境规制与产业路径创造关系中的门槛效应；其中，环境规制为解释变量，资源类（非资源类）产业路径创造水平为被解释变量，实证检验两者之间门槛效应。Hansen[23]提出的门槛面板模型主要应用于研究解释变量和被解释变量的非线性问题，相较于传统研究门槛条件的方法，门槛面板模型能够估计具体门槛值和对其进行显著性检验。因此，采用 Hansen 提出的门槛面板模型，根据资源型城市样本数据本身的特点将资源禀赋内生地划分不同区间，进而研究不同区间资源类产业占比（用采掘业从业人员占比表示）下，环境规制水平与产业路径创造水平之间的非线性关系。

参考 Hansen 提出的面板门槛模型估计方法，首先将任意门槛变量作为初始值赋给待估计的门槛值，然后通过最小二乘法估计得到与之对应的残差平方和。最后，取残差平方的最小化值作为最终的门槛值，进而得到各斜率系数的估计值。门槛效应检验主要分为 2 个部分：① 对门槛效应进行显著性检验；② 计算得到的估计值是否等于真实值。具体检验方法参见连玉君和程建[24]以及 Hansen[23]提出的方法。

2 实证结果与分析

2.1 环境规制与路径创造空间格局及其演化特征

2.1.1 环境规制

总体来看，2003—2016 年黄河流域城市环境

规制强度呈现逐年增高的态势且地区差异逐渐缩小（图2）。2003年黄河流域61个城市环境规制强度均值仅为0.21，2016年增长到0.43。分地区来看，下游相比于上、中游具有更高的环境规制强度。2003年，下游环境规制强度均值达到了0.30，显著高于中游（0.17）和上游（0.20）。其中，上游环境规制强度高于0.30的为银川、白银、金昌等5个城市；中游城市仅有平顶山和三门峡高于0.30；而在下游的济宁、东营、德州等8个城市环境规制强度高于0.30。2016年，黄河流域下游城市环境规制强度依然最高（0.48），但与中游和上游的差距在逐渐缩小。中游城市环境规制提升显著，13年间增长了近2倍，达到了0.44；上游也增长到了0.38。由此可以看出：黄河流域城市环境规制水平呈现上、中、下游逐渐递增的态势，中游城市环境规制强度2003—2016年提升显著，这也进一步证实了2003—2016年中游城市对工业污染物排放控制成效显著。分城市类型来看，2003—2016年黄河流域资源型城市环境规制强度低于非资源型城市，但差距在不断缩小。这13年间黄河流域资源型城市环境规制强度的平均值、中位数均低于非资源型城市，反映出资源依赖度一定程度上影响地区环境规制政策的制定；2003年资源型城市环境规制强度均值为0.21，2016年增长了2倍，达到0.42；同时，与非资源型城市差距在不断缩小，2003年资源型城市与非资源型城市均值差距为0.019，到2016年两者间差距缩小到0.008。由此反映出，2003—2016年资源型城市环境规制水平提升显著，地区政府对资源型城市污染物排放的管控正在逐渐加强。

2.1.2 路径创造

（1）黄河流域资源型城市资源类产业路径创造水平地区差异显著。具体来看，黄河流域中游资源型城市表现较好；上游和下游资源型城市资源类产业路径创造水平相对较低，但2003—2013年10年间提升显著。2003年，资源类产业多样性水平较高的城市多

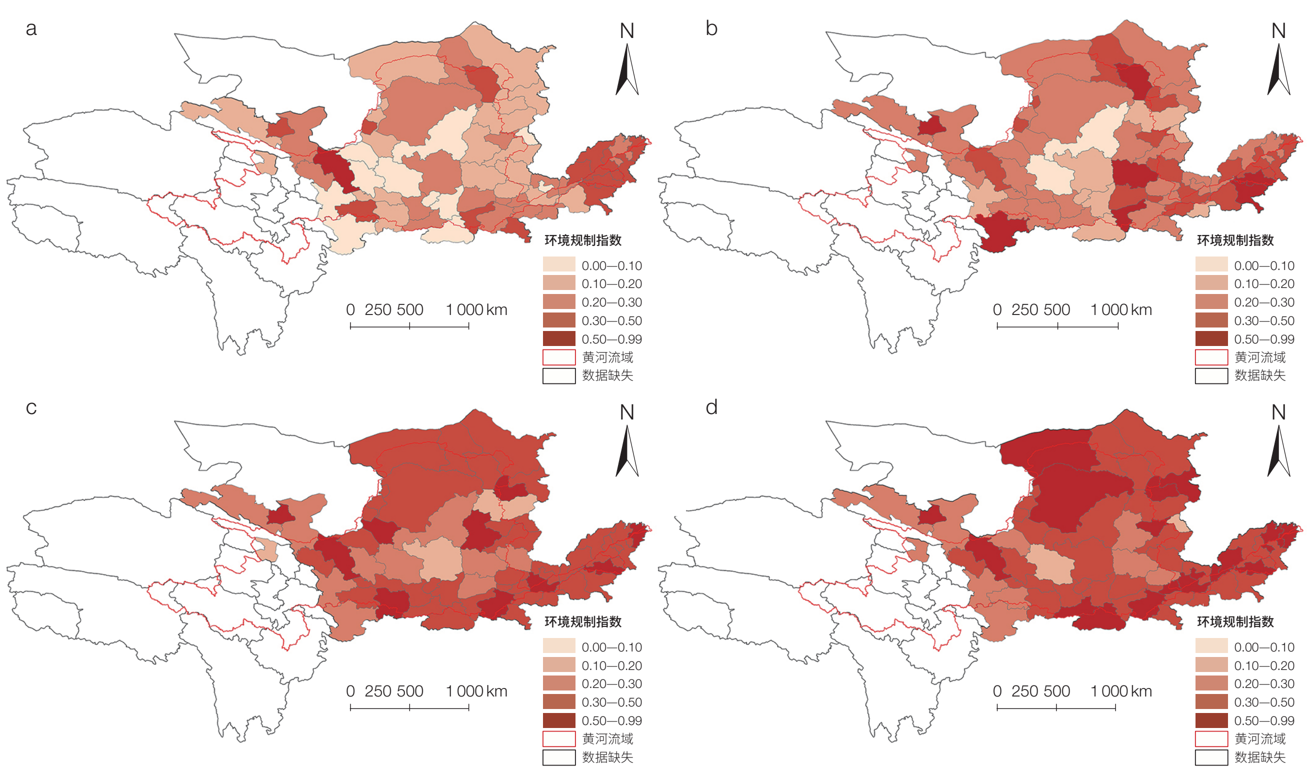


图2 黄河流域城市环境规制强度时空演化格局
（a）2003年；（b）2007年；（c）2012年；（d）2016年

数位于中游，主要集中在山西、陕西南部和河南西北部等地。该类型城市资源禀赋较好，在已有资源基础上进行产业链延伸，实现了资源禀赋优势基础上的路径创造。2013 年，相较于中游，上游和下游资源型城市资源类产业多样性提升显著，包括甘肃、陕西（除铜川外）、山东的资源型城市资源类产业多样性均提升到 1.2 以上，但山西的长治、吕梁、运城、阳泉、大同的资源类产业多样性水平均有不同程度的下降（图 3a 和 b）。主要原因在于山西的 5 个城市资源较为富足，产业发展也最容易陷入路径锁定困局，阻碍了产业的路径创造。

（2）黄河流域资源型城市非资源类产业路径创造水平整体提升明显。与 2003 年相比，2013 年黄河流域资源型城市非资源类产业多样性总体提升显著，均值从 1.69 提升到了 2.17；且地区间差距不断缩小，除东营、淄博、石嘴山、张掖出现下降外，其余城市均保持上升态势（图 3c 和 d）。分区域来看，下游和中游的部分地区（如陕西南部、山西南部、河南西部）资源型城市表现较好，上游以及陕西北部、山西北部资源型城市非资源类产业路径创造水平仍然较低。2003 年除包头外，内蒙古、甘肃、陕西北部、山西北部资源型城市非资源类产业多样性均未超过 1.7。

2.2 环境规制强度对产业路径创造的影响机制

2.2.1 环境规制对路径创造的门槛效应

为探究资源型城市处于不同资源禀赋的发展时期环境规制强度对资源类产业路径创造水平的非线性关系。采用面板门槛模型，以资源禀赋为门槛变量，对环境规制强度对资源类（非资源类）产业路径创造的门槛值个数进行估计。运用 Stata15.0 软件，通过自抽样法重复抽样 300 次得到检验结果和 P 值，检验环境规制强度对产业路径创造水平是否存在门槛效应。

由表 1 可知，针对资源类产业和非资源类产业，当采掘业从业人员占比为门槛变量时，可得到以下结论：资源类产业双重门槛检验显著性最高，在 1% 水

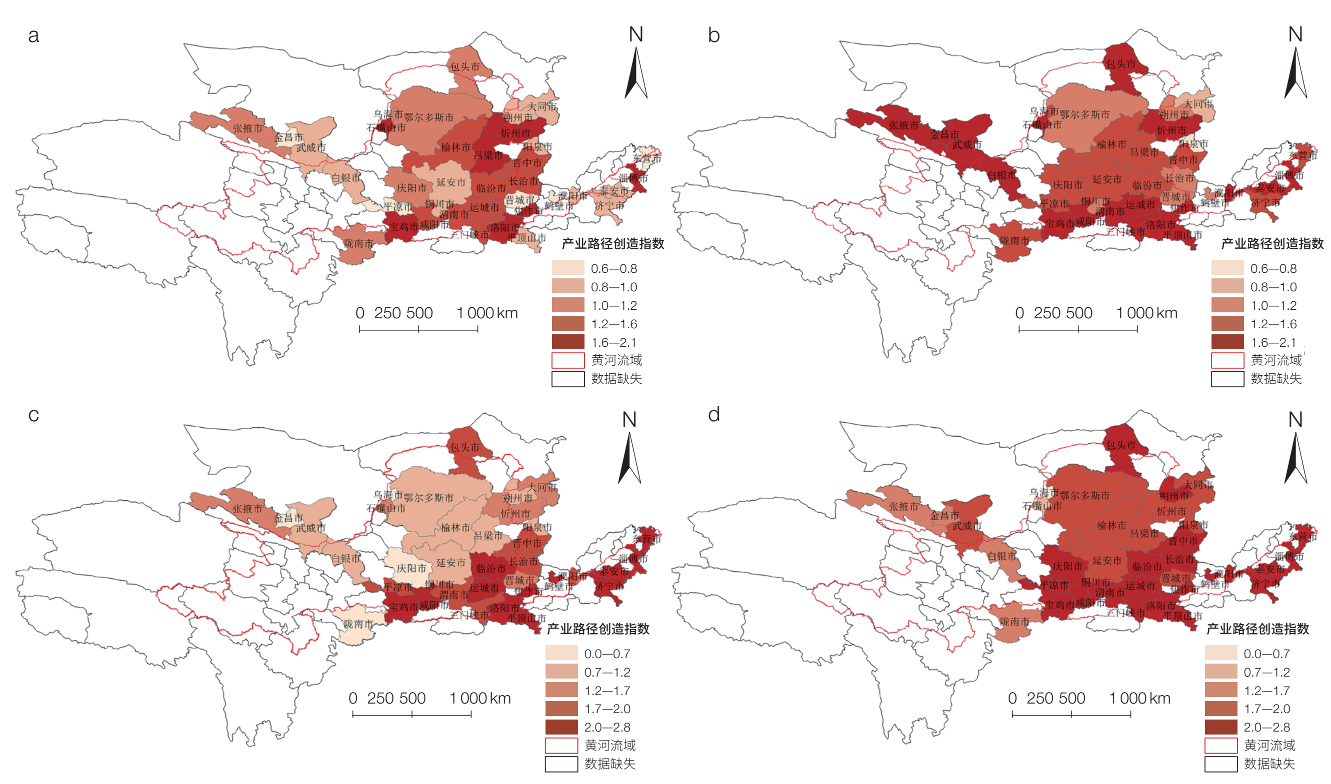


图 3　2003 年和 2013 年黄河流域资源型城市路径创造能力空间格局

（a）2003 资源类产业路径创造；（b）2013 年资源类产业路径创造；（c）2003 年非资源类产业路径创造；（d）2013 年非资源类产业路径创造

平下显著及 P 值小于 0.01，因此存在 2 个门槛值；非资源类产业单重门槛显著性最高，在 1% 水平下显著及 P 值小于 0.01。因此，存在 1 个门槛值，表 2 给出对应的门槛值估计结果。

与表 2 相对应，借助似然比函数图，可以更为清晰地展示门槛值的估计和置信区间的构造过程。图 4 为资源类产业 2 个门槛估计值的似然比函数图：当门槛变量取门槛值 0.118 和 0.305 时，其似然比检验（LR 值）都为 0，远低于 5% 显著性水平的值，验证了 0.118 和 0.305 为真实门槛值。图 5 为非资源类产业 1 个门槛估计值的似然比函数图：当门槛变量为 0.151 时，其 LR 值为 0，远低于 5% 显著水平值，验证了 0.151 为真实门槛。

得出门槛值的同时，分别得到资源类产业和非资源类产业的门槛模型统计结果。资源类产业的回归结果中（表 3），环境规制强度对资源类产业路径创造水平存在 2 个明显的突变门槛，分别为 0.118 和 0.305；当资源禀赋低于 0.118 时，环境规制有效促进了资源类产业的路径创造水平，两者呈现正相关关系（相关系数为 0.703）；当资源禀赋高于 0.305 时，环境规制显著抑制了资源类产业路径创造水平，两者呈现负向关系（相关系数为 –1.389）；当资源禀赋处于 2 个门槛值的区间时，回归系数未通过显著性检验，可能是由于该区间内样本量不足，但回归系数符合目前系数估计值的变化趋势，总体上呈现由正到负逐渐下降的态势。

非资源类产业的回归结果中（表 4），环境规制强度对非资源类产业路径创造水平存在 1 个明显的突变门槛，当资源禀赋低于 0.151 时，环境规制促进了非资源类产业的路径创造水平，两者呈现正相关关系（相关系数为 0.193）；当资源禀赋不低于 0.151 时，两者正相关系数提高到 0.800，环境规制显著促进非资源类产业的路径创造水平。

以门槛模型估计结果为依据，将资源类产业的第一个门槛值 0.118 和非资源类产业的门槛值 0.151 分别作为资源类产业和非资源类产业低资源禀赋和中

表 1　门槛效应检验结果

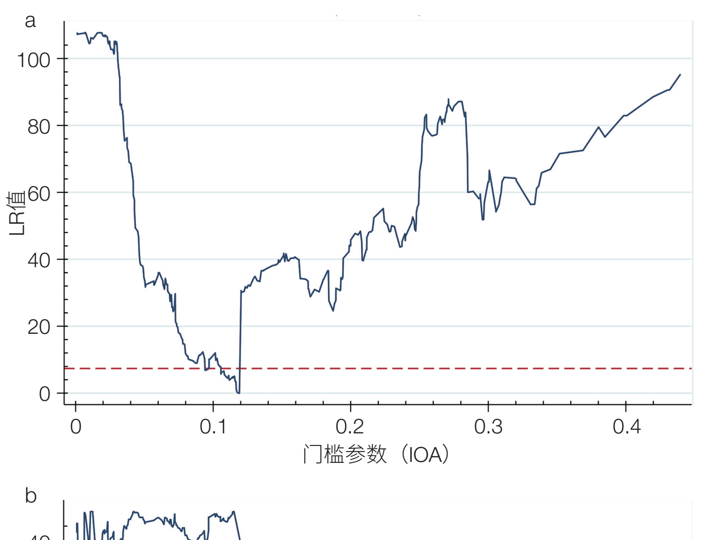
产业类别	门槛个数	F 值	P 值	10% 临界值	5% 临界值	1% 临界值
资源类产业	单门槛	21.111**	0.010	23.351	16.883	13.038
	双门槛	140.201***	0.000	−6.893	−12.442	−15.708
	三门槛	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000
非资源类产业	单门槛	31.974***	0.000	18.396	14.648	13.022
	双门槛	72.970**	0.010	−6.088	−10.654	−14.050
	三门槛	0.000	0.040	0.000	0.000	0.000

注：**和***分别表示在5%和1%的置信水平上显著

表 2　门槛估计值及置信区间

产业类别	门槛值	估计值	95%的置信区间
资源类产业	γ_1	0.118	[0.094,0.119]
	γ_2	0.305	[0.296,0.335]
非资源类产业	γ_3	0.151	[0.151,0.163]

资源禀赋的分界点。由于在环境规制对非资源类产业多样性的相互作用中，未出现第二个门槛值，参照环境规制对资源类产业路径创造影响的第二个门槛值 0.305 来表征非资源类产业的中资源禀赋和高资源禀赋的分界点。由于相关系数未发生改变，本文认为中、高资源禀赋时期环境规制对非资源类产业多样性的作用效果相同。由图 6 可以看出，随着资源禀赋的降低，环境规制对资源类产业路径创造的促进作用逐渐增强，资源禀赋高的地区凭借富足的自然资源大力发展资源采掘业，产业趋于单一化，逐渐形成了“路径依赖”[25]；非资源类产业相较于资源类产业存在明显差异，随着资源禀赋的增加，环境规制对非资源类产业路径创造的促进作用逐渐增强，这说明环境规制可以作为有效手段来倒逼产业结构调整。



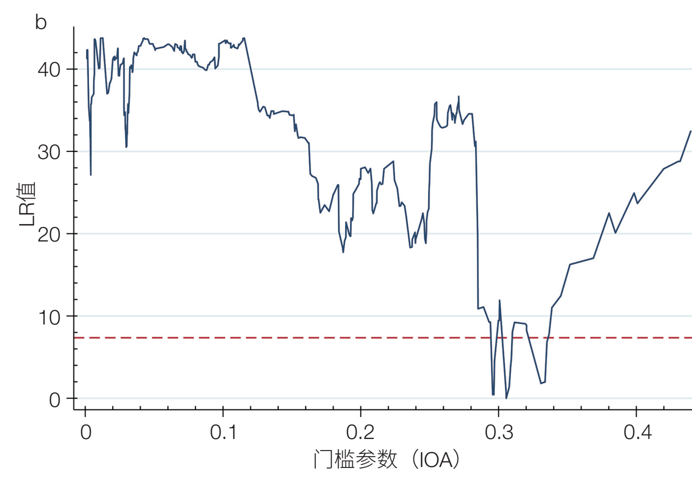


图 4　资源类产业双重门槛估计值似然比函数图

（a）第一门槛和置信区间；（b）第二门槛和置信区间

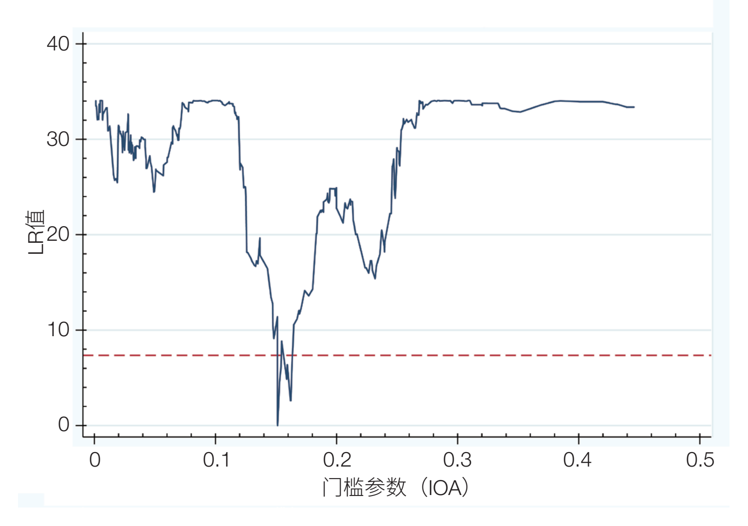


图 5　非资源类产业单重门槛估计值似然比函数图

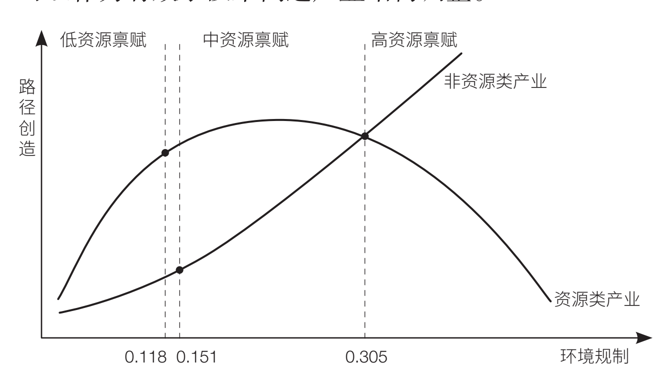


图 6　不同资源禀赋下环境规制对产业路径创造影响机制

数值 0.118 和 0.305 为环境规制对资源类产业的门槛值；0.151 为环境规制对非资源类产业的门槛值

2.2.2 不同资源禀赋资源型城市环境规制与路径创造的机制分析

环境规制对产业路径创造的门槛回归结果表明，由于资源型城市资源禀赋的异质性导致环境规制对产业结构的作用效果不同。资源禀赋通过资源产品成本比较优势来影响环境规制政策的实施效果，盲目增加环境规制强度和统一环境规制政策并不一定有助于地区生态环境和经济协调发展——由于被规制者的行业与地区差异，导致其存在显著的异质性特征，会使环境规制工具的实施效果出现差异[26]。因此，需要厘清不同资源禀赋背景下，环境规制对资源类（非资源类）产业路径创造的影响机制，针对不同资源禀赋的

表 3　资源类产业双重门槛模型估计结果

变量	系数估计值	标准误差	*T*值	*P*值
环境规制指数（资源禀赋＜0.118）	0.703	0.071	9.820	0.000
环境规制指数（0.118≤资源禀赋＜0.305）	0.075	0.054	1.370	0.170
环境规制指数（资源禀赋≥0.305）	−1.389	0.162	−8.560	0.000

表 4　非资源类产业单重门槛模型估计结果

变量	系数估计值	标准误差	*T* 值	*P* 值
环境规制指数（资源禀赋＜0.151）	0.193	0.048	4.000	0.000
环境规制指数（资源禀赋≥0.151）	0.800	0.113	7.020	0.000

城市，实行差异化的环境规制政策。

（1）低资源禀赋时期是资源型城市转型的关键时期[27]。该时期资源型城市经历了产业转型的初始阶段，多元化的产业结构初步形成，相较于中、高资源禀赋时期有较为合理的产业结构。如图 7 所示，环境规制强度的增加促进了非资源类产业的路径创造。环境规制通过对企业的环境绩效限制，使环境成本内在化，导致企业产品成本上升；为降低成本维持产品竞争力，企业被迫由资源、能源密集型的资源类产业以及污染密集型的非资源类产业向以技术、知识密集型的非资源类产业转移。环境规制显著促进了资源类产业路径创造，该时期资源逐渐趋于枯竭，资源开采成本较高，资源开发利润低于环境规制成本，导致初级资源产品不具有竞争优势。因此，当政府实行严格的环境规制并对资源型城市主导产业产生的“三废”排放指标进行限制时，相关企业为控制污染排放并追求利润最大化，将进行生产技术升级，改变单纯依靠资源支撑的局面，向精深加工方向发展，提升产品竞争力，从而推动了资源类产业多元化发展。例如，2003—2013 年泸州市转型成效显著，环境规制水平增长了近 3 倍，推动城市由矿产资源开采等传统资源类产业转型为以电子信息、生物医药、新能源新材料产业为主的现代产业体系。

（2）中资源禀赋时期是资源型城市产业转型的起步期。城市的产业重心开始由资源类产业向非资源类产业转移。环境规制可以进一步提高非资源类产业路径创造水平，随着环境规制趋于严格，更易于驱动企业转变生产方式，促进产业结构调整，从而推动非资源类产业路径创造；同时，环境规制也促进了资源类产业路径创造。相较于高资源禀赋，该时期城市资源类产品低成本比较优势逐渐减弱，环境规制的增强促使企业通过延伸产业链条、提升产品附加值等途径来应对环境规制引起的成本上升，进而推动了资源类产业路径创造。例如，榆林市 2003—2013 年环境规制水平增长了 8 倍，促使城市由煤炭、石油开采为主的采掘业转型为以煤制烯烃、煤制油为主的现代煤化工产业。

（3）高资源禀赋时期是资源类产业发展的成熟期。如图 7 所示，环境规制显著促进了非资源类产业路径创造。由于该时期是资源型城市非资源类产业最为薄弱的时期，环境规制对非资源产业多样性具有显著正向作用，但其在产业结构中的比重仍然较小；相反，环境规制阻碍了资源类产业路径创造。对于追求利润最大化的厂商而言，由于其地区资源储量

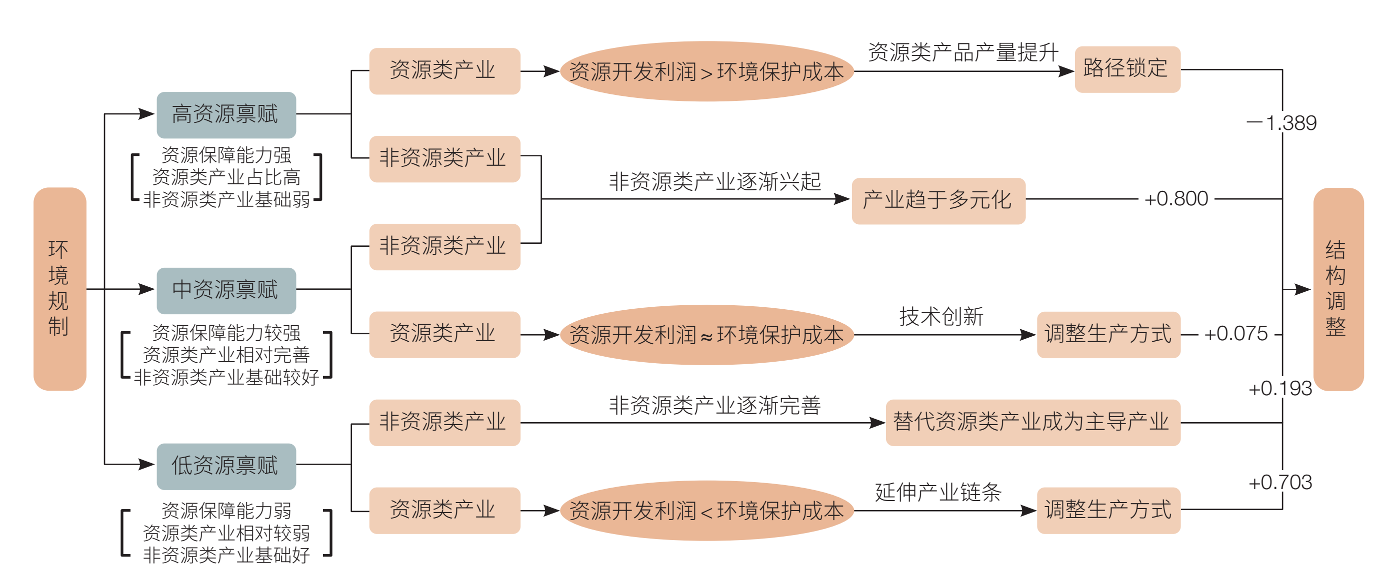


图7　不同资源禀赋下环境规制对产业路径创造影响机制

图中数字代表环境规制对产业结构的作用系数，具体来源于表3和4

富足，资源类产品开采成本较低[28]，资源开发的利润远高于环境治理产生的成本；面对环境规制，多数厂商会通过提高资源类产品产量来补偿环境规制增加的成本。例如，阳泉市2003—2013年环境规制水平增长了3倍，但资源类产业多样性降低了32%。Wilcoxen[29]、Gray和Shadbegian[30]的研究也表明，环境规制对美国污染密集型行业和制造业的产业发展有着明显的负面作用。因此，根据成本收益对比分析，环境规制的提升会进一步加剧其资源类产业的路径锁定困局。

2.3 不同资源禀赋资源型城市高质量发展建议

结合门槛模型回归结果，以资源类产业的两个门槛值0.118和0.151为标准将黄河流域36个资源型城市划分为3个类型。

（1）石嘴山、金昌、包头等13个资源型城市属于低资源禀赋。该类型城市主要位于黄河流域中上游，主要特征是资源保障能力低，制造业及其他非资源类产业比重高，产业结构相对合理。在国务院发布的《全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）》（以下简称《规划》）中明确提出了，针对低资源禀赋的城市，大力扶持接续替代产业，推进矿坑、沉陷区生态治理[16]。低资源禀赋要实现高质量发展，采用环境规制等有效手段推动产业向知识密集、人才密集的高端制造业转型。培育发展低碳产业和绿色经济，统筹推动资源型城市自然生态修复和治理工作，切实保障黄河流域水源地生态安全。

（2）忻州、泰安、庆阳等20个资源型城市属于中资源禀赋。该类型城市主要分布在黄河流域中下游，主要特征是资源开采量逐步下降，资源储量不断减少，城市已经度过了经济增长过度依靠资源、资金和物质投入带动的时期。《规划》针对中资源禀赋的资源型城市，提出在提高资源深加工水平的同时，积极布局战略性新兴产业，加快推进新型工业化[16]。中资源禀赋的资源型城市要实现高质量发展，须立足现有资源类产业发展优势，向技术密集、清洁环保的资源型加工业转型，大力发展非资源类替代产业。加大环境规制强度，有效地提高资源类产业和非资源类产业路径创造水平，发展绿色低碳经济，提高经济增长的质量。

（3）大同、晋城、阳泉3个资源型城市属于高资源禀赋。该类型城市主要位于黄河流域中游，主要特征是城市非资源类产业比重过低、资源类下游产业发

展滞后、产业结构单一。《规划》针对高资源禀赋的资源型城市，建议提高资源类产业技术水平，延伸产业链条，培育资源深加工企业和产业集群[16]。高资源禀赋城市要实现高质量发展，单纯提高环境规制强度是远远不够的，重点是要综合施策。不仅要对企业排污行为进行刚性约束，还要通过财政补贴、科技帮扶等措施进行柔性调节，提高企业技术创新能力以减少生产成本，进而转变高强度开采和消耗资源的粗放型经济增长模式，延伸产业链条，培育资源深加工龙头企业和产业集群，促使资源类产业由单一化向多元化转变。同时，还要加大对矿山地质环境、生态系统的恢复和治理，保障流域生态安全和下游用水安全。

3 结论与讨论

（1）2003—2016年黄河流域城市环境规制强度总体呈现逐年增长态势且地区间差距逐渐缩小。从局域上看，黄河流域上游城市环境规制强度最低，中游其次，下游最高，呈现逐级递增的态势。分城市类型看，2003—2016年黄河流域资源型城市环境规制强度低于非资源型城市且差距在不断缩小。

（2）2003—2013年黄河流域资源型城市资源类（非资源类）产业路径创造水平提升明显但地区差距显著。在资源类产业路径创造方面，黄河流域中游资源型城市表现较好，上游和下游资源型城市资源类产业路径创造水平相对较低，但10年间提升显著；在非资源类产业路径创造方面，下游以及陕西南部、山西南部、河南西部的资源型城市表现较好，上游以及陕西北部、山西北部的资源型城市非资源类产业路径创造水平相对较低。

（3）不同资源禀赋条件下，环境规制对资源类产业和非资源类产业作用机制存在明显差异。① 环境规制对资源类产业路径创造存在倒“U”型关系。在低资源禀赋时期，环境规制的增加有助于提升资源类产业的路径创造水平；在中资源禀赋时期，环境规制有利于提升资源类产业路径创造，但提升作用明显减弱；而当资源型城市处于高资源禀赋时期，环境规制的增加阻碍了资源类产业的路径创造。② 环境规制对非资源类产业路径创造一直保持正向作用关系。在低资源禀赋时期，环境规制的增加有助于提升非资源类产业的路径创造；在中、高资源禀赋时期，环境规制有利于提升非资源类产业的多样性，提升作用明显增强。

（4）发挥环境规制对产业结构调整的倒逼效应的关键是因地制宜，综合施策。结合当地的资源禀赋条件和经济发展对资源的依赖程度，设计差异化的环境规制措施，充分发挥环境规制对黄河流域资源型城市产业结构升级的促进作用。

参考文献

1 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话. 求是, 2019, (20): 1-5.

2 张文忠, 余建辉, 王岱, 等. 中国资源型城市可持续发展研究. 北京: 科学出版社, 2014.

3 金凤君. 黄河流域生态保护与高质量发展的协调推进策略. 改革, 2019, (11): 33-39.

4 张文忠，王岱，余建辉. 资源型城市接续替代产业发展路径与模式研究. 中国科学院院刊, 2011, 26(2): 134-141.

5 Wang Z, Liang L, Sun Z, et al. Spatiotemporal differentiation and the factors influencing urbanization and ecological environment synergistic effects within the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. Journal of Environmental Management, 2019, 243: 227-239.

6 柴志贤. 利用外资、环境约束与中国工业全要素生产率的增长——基于Malmquist指数与Malmquist-Luenberger指数的比较研究. 技术经济, 2013, 32(1): 64-70.

7 钟茂初, 李梦洁, 杜威剑. 环境规制能否倒逼产业结构调整——基于中国省际面板数据的实证检验. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 107-115.

8 Porter M E, Linde C V D. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. The Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4): 97-118.

9 Mohr R D. Technical change, External economies, and the Porter hypothesis. Journal of Environmental Economics & Management, 2002, 43(1): 158-168.

10 王锋正, 郭晓川. 环境规制强度对资源型产业绿色技术创新的影响——基于2003—2011年面板数据的实证检验. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(S1): 143-146.

11 Walker, Reed W. Environmental regulation and labor reallocation: Evidence from the clean air act. American Economic Review, 2011, 101(3): 442-447.

12 Liu M, Shadbegian R, Zhang B. Does environmental regulation affect labor demand in China? Evidence from the textile printing and dyeing industry. Journal of Environmental Economics and Management, 2017: S0095069617303182.

13 于峰, 齐建国, 田晓林. 经济发展对环境质量影响的实证分析——基于1999—2004年间各省市的面板数据. 中国工业经济, 2006, (8): 38-46.

14 郑金铃. 分权视角下的环境规制竞争与产业结构调整. 当代经济科学, 2016, (1): 77-85.

15 李敏纳, 蔡舒, 覃成林. 黄河流域经济空间分异态势分析. 经济地理, 2011, (3): 29-33.

16 国务院. 全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）. [2013-12-03].http://www.gov.cn/zwgk/ 2013-12/03/content _2540070.htm.

17 Aiken D V, Färe R, Grosskopf S, et al. Pollution abatement and productivity growth: Evidence from Germany, Japan, the Netherlands, and the United States. Environmental and Resource Economics, 2009, 44(1): 11-28.

18 李虹, 邹庆. 环境规制、资源禀赋与城市产业转型研究——基于资源型城市与非资源型城市的对比分析. 经济研究, 2018, 53(11): 182-198.

19 van Beers C, van Den Bergh J. An empirical Multi-Country Analysis of the impact of environmental regulations on foreign trade flows. Kyklos, 1997, 50: 29-46.

20 Liang L, Wang Z, Li J. The effect of urbanization on environmental pollution in rapidly developing urban agglomerations. Journal of Cleaner Production, 2019, 237: 117649.

21 Frenken K, Oort F, Verburg T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. Regional Studies, 2007, 41(5): 685-697.

22 苗长虹, 胡志强, 耿凤娟, 等. 中国资源型城市经济演化特征与影响因素——路径依赖、脆弱性和路径创造的作用. 地理研究, 2018, 37(7): 1268-1281.

23 Hansen B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. Journal of Econometrics, 1999, 93(2): 345-368.

24 连玉君, 程建. 不同成长机会下资本结构与经营绩效之关系研究. 当代经济科学, 2006, 28(2): 97-103.

25 Sachs J D, Warner A M. The curse of natural resources. European Economic Review, 2001, 45(4): 827-838.

26 范玉波. 环境规制的产业结构效应：历史、逻辑与实证. 济南: 山东大学, 2016.

27 余建辉, 张文忠, 王岱, 等. 资源枯竭城市转型成效测度研究. 资源科学, 2013, 35(9): 1812-1820.

28 刘刚, 沈镭, 刘晓洁, 等. 资源富集贫困地区经济发展与生态环境协调互动作用初探——以陕西省榆林市为例. 资源科学, 2007, 29(4): 18-24.

29 Wilcoxen J P J. Environmental regulation and U.S. economic growth. The Rand Journal of Economics, 1990, 21(2): 314-340.

30 Gray W B, Shadbegian R J. Plant vintage, technology, and environmental regulation. Journal of Environmental Economics and Management, 2003, 46(3): 384-402.

Influence of Environmental Regulations on Industrial Transformation of Resource-based Cities in the Yellow River Basin under Resource Endowment

LU Shuo[1,2] ZHANG Wenzhong[1*] LI Jiaming[1]

（1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2 Key Research Institute of Yellow River Civilization and Sustainable Development, Henan University, Kaifeng 475001, China）

Abstract More than half of the cities in the Yellow River Basin are resource-based cities. The coordinated development of such cities in ecology and industry is of great significance to promote high-quality development in the Yellow River Basin. This study takes environmental regulation and industrial enterprise data as samples, uses panel threshold model, entropy method, and other methods to classify resource-based cities in the Yellow River Basin based on resource endowment differentiation, analyzes resource endowment, environmental regulation, and industrial pathways to create multi-element interaction, the role relationship, scientific summary of the impact of environmental regulations on the creation of industrial pathways under high-, middle-, and low-level resource endowments, and then put forward high-quality development recommendations for resource-based cities under different levels of resource endowment. The results show that the level of urban environmental regulation in the Yellow River Basin increased significantly from 2003 to 2016, and the gap between regions continued to shrink, generally showing a gradual increase in the upstream, middle, and lower reaches. The resource-based (non-resource) industry in the resource-based cities of the Yellow River Basin from 2003 to 2013, the level of path creation has improved significantly but the regional differences are significant. Under different resource endowment conditions, the impact of environmental regulations on the path creation of resource industries and non-resource industry is significantly different. Therefore, the formulation and selection of environmental policies must consider the local resource endowment conditions and the degree of dependence of economic development on the resource industry, scientifically design the environmental regulatory policy system, and give full play to the role of environmental regulation in promoting ecological protection and industrial transformation of resource-based cities in the Yellow River Basin.

Keywords environmental regulation, resource endowment, path creation, high-quality development



卢 硕 中国科学院地理科学与资源研究所客座硕士研究生。研究方向为资源型城市可持续发展。多次协助参与全国资源枯竭城市转型年度绩效考核的第三方考评工作，深入淮北市、徐州市、泸州市等资源型地区进行实地调研。相关研究发表在《地理学报》《地理研究》等学术期刊。E-mail: lushuo17@mails.ucas.ac.cn

LU Shuo Visiting master student of Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences (CAS). His research direction is the sustainable development of resource-based cities. He has repeatedly assisted in the third-party evaluation of national performance evaluation of resource-exhausted cities during the transition, and conducted field surveys in resource-based areas such as Huaibei, Xuzhou, and Luzhou, China. Relevant research has been published in such academic journals as *Journal of Geographical Sciences* and *Geographical*

* Corresponding author

Research. E-mail: lushuo17@mails.ucas.ac.cn



张文忠 中国科学院地理科学与资源研究所研究员，博士生导师。兼任中国发展战略学研究会副理事长，中国自然资源学会资源型城市专业委员会主任。主要从事经济区位论、资源城市、宜居城市、产业布局、区域发展与规划等方面的研究。先后主持和参与了国家自然科学基金委、中国科学院、国家发展和改革委员会等部委的各类研究课题50余项。发表论文150余篇，学术著作10余部。E-mail: zhangwz@igsnrr.ac.cn

ZHANG Wenzhong Professor of Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences (CAS), Vice Chairman of Chinese Association of Development Strategy Studies, Director of Resource-based City Committee from China Society of Natural Resources, majoring in economic location theory and transformation of resource-based city, he has hosted and participated in more than 50 projects sponsored by the National Natural Science Foundation of China, CAS, the National Development and Reform Commission of China, etc., published more than 150 papers and more than 10 academic works. E-mail: zhangwz@igsnrr.ac.cn

■责任编辑：岳凌生

参考文献（双语版）

1 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话. 求是, 2019, (20): 1-3.

Xi J P. Speech at the symposium on ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin. Qiushi, 2019, (20): 1-3. (in Chinese)

2 张文忠, 余建辉, 王岱. 中国资源型城市可持续发展研究. 北京: 科学出版社, 2014.

Zhang W Z, Yu J H, Wang D. Study on Sustainable Development of Resource-Based Cities in China. Beijing: Science Press, 2014. (in Chinese)

3 金凤君. 黄河流域生态保护与高质量发展的协调推进策略. 改革, 2019, (11): 33-39.

Jin F J. Coordinated promotion strategy of ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin. Reform, 2019, (11): 33-39. (in Chinese)

4 张文忠，王岱，余建辉. 资源型城市接续替代产业发展路径与模式研究. 中国科学院院刊, 2011, 26(2): 134-141.

Zhang W Z, Wang D, Yu J H. Study on the development path and pattern of substituted industry in resource-based cities. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2011, 26(2): 134-141.(in Chinese)

5 Wang Z B, Liang L W, Sun Z, et al. Spatiotemporal differentiation and the factors influencing urbanization and ecological environment synergistic effects within the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. Journal of Environmental Management, 2019, 243: 227-239.

6 柴志贤. 利用外资、环境约束与中国工业全要素生产率的增长——基于Malmquist指数与Malmquist-Luenberger指数的比较研究. 技术经济, 2013, 32(1): 64-70.

Chai Z X. Utilizing foreign investment, environmental constraint and TFP growth of China's industry: Comparative research based on malmquist index and malmquist-luenberger index. Technology Economics, 2013, 32(1): 64-70. (in Chinese)

7 钟茂初, 李梦洁, 杜威剑. 环境规制能否倒逼产业结构调整——基于中国省际面板数据的实证检验. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 107-115.

Zhong M C, Li M J, Du W J. Can environmental regulation force industrial structure adjustment: An empirical analysis based on provincial panel data. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(8): 107-115. (in Chinese)

8 Porter M E, Linde C V D. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. The Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4): 97-118.

9 Mohr R D. Technical change, external economies, and the porter hypothesis. Journal of Environmental Economics and Management, 2002, 43(1): 158-168.

10 王锋正, 郭晓川. 环境规制强度对资源型产业绿色技术创新的影响——基于2003—2011年面板数据的实证检验. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(S1): 143-146.

Wang F Z, Guo X C. Effects of environmental regulation intensity on green technological innovation of resource-based industries. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(S1): 143-146. (in Chinese)

11 Walker W R. Environmental regulation and labor reallocation: Evidence from the clean air act. American Economic Review, 2011, 101(3): 442-447.

12 Liu M D, Shadbegian R, Zhang B. Does environmental regulation affect labor demand in China? Evidence from the textile printing and dyeing industry. Journal of Environmental Economics and Management, 2017, 86: 277-294..

13 于峰, 齐建国, 田晓林. 经济发展对环境质量影响的实证分析——基于1999—2004年间各省市的面板数据. 中国工业经济, 2006, (8): 36-44.

Yu F, Qi J G, Tian X L. Empirical analysis on impact of economic development on environmental quality—Based on

the panel data of Chinese provinces & municipal cities from 1999 to 2004. China Industrial Economy, 2006, (8): 36-44. (in Chinese)

14 郑金铃. 分权视角下的环境规制竞争与产业结构调整. 当代经济科学, 2016, 38(1): 77-85.
Zheng J L. Environmental regulation competition and industrial structure adjustment from the perspective of decentralization. Modern Economic Science, 2016, 38(1): 77-85. (in Chinese)

15 李敏纳, 蔡舒, 覃成林. 黄河流域经济空间分异态势分析. 经济地理, 2011, 31(3): 379-383.
Li M N, Cai S, Qin C L. An analysis of situation of economic spatial dissimilarity in the Yellow River valley. Economic Geography, 2011, 31(3): 379-383. (in Chinese)

16 国务院. 全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020年）. [2013-12-03].http://www.gov.cn/zwgk/ 2013-12/03/content _2540070.htm.
The State Council of the People's Republic of China. National Resource-Based City Sustainable Development Plan (2013-2020). [2013-12-03]. http://www.gov.cn/zwgk/2013-12/03/content_2540070.htm. (in Chinese)

17 Aiken D V, Färe R, Grosskopf S, et al. Pollution abatement and productivity growth: Evidence from Germany, Japan, the Netherlands, and the United States. Environmental and Resource Economics, 2009, 44(1): 11-28.

18 李虹, 邹庆. 环境规制、资源禀赋与城市产业转型研究——基于资源型城市与非资源型城市的对比分析. 经济研究, 2018, 53(11): 182-198.
Li H, Zou Q. Environmental regulations, resource endowments and urban industry transformation: Comparative analysis of resource-based and non-resource-based cities. Economic Research Journal, 2018, 53(11): 182-198. (in Chinese)

19 van Beers C, van den Bergh J C J M. An empirical multi-country analysis of the impact of environmental regulations on foreign trade flows. Kyklos, 1997, 50(1): 29-46.

20 Liang L W, Wang Z B, Li J X. The effect of urbanization on environmental pollution in rapidly developing urban agglomerations. Journal of Cleaner Production, 2019, 237: 117649.

21 Frenken K, van Oort F, Verburg T. Related variety, unrelated variety and regional economic growth. Regional Studies, 2007, 41(5): 685-697.

22 苗长虹, 胡志强, 耿凤娟, 等. 中国资源型城市经济演化特征与影响因素——路径依赖、脆弱性和路径创造的作用. 地理研究, 2018, 37(7): 1268-1281.
Miao C H, Hu Z Q, Geng F J, et al. Characteristics of economic evolution and the influencing factors of resource-dependent cities in China: The role of path dependence, vulnerability and path creation. Geographical Research, 2018, 37(7): 1268-1281. (in Chinese)

23 Hansen B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference. Journal of Econometrics, 1999, 93(2): 345-368.

24 连玉君, 程建. 不同成长机会下资本结构与经营绩效之关系研究. 当代经济科学, 2006, 28(2): 97-103.
Lian Y J, Cheng J. Relationship between capital structure and performance with different growth opportunities. Modern Economic Science, 2006, 28(2): 97-103. (in Chinese)

25 Sachs J D, Warner A M. The curse of natural resources. European Economic Review, 2001, 45(4): 827-838.

26 范玉波. 环境规制的产业结构效应：历史、逻辑与实证. 济南: 山东大学, 2016.
Fan Y B. Effect of environmental regulation on industrial structure: History, logic and empirical analysis. Jinan: Shandong University, 2016. (in Chinese)

27 余建辉, 张文忠, 王岱, 等. 资源枯竭城市转型成效测度研究. 资源科学, 2013, 35(9): 1812-1820.
Yu J H, Zhang W Z, Wang D, et al. The effect of resource-exhausted city transformation. Resources Science, 2013, 35(9):

1812-1820.(in Chinese)

28 刘刚, 沈镭, 刘晓洁, 等. 资源富集贫困地区经济发展与生态环境协调互动作用初探——以陕西省榆林市为例. 资源科学, 2007, 29(4): 18-24.

Liu G, Shen L, Liu X J, et al. Harmonious interactions between economic development and ecological environment conservation in resource-rich and economy-poor regions: A case in Yulin City, Shaanxi Province. Resources Science, 2007, 29(4): 18-24. (in Chinese)

29 Jorgenson D W, Wilcoxen P J. Environmental regulation and US. economic growth. The RAND Journal of Economics, 1990, 21(2): 314.

30 Gray W B, Shadbegian R J. Plant vintage, technology, and environmental regulation. Journal of Environmental Economics and Management, 2003, 46(3): 384-402.